

MINERALOGENESIS Y GEOQUÍMICA DEL EMPLAZAMIENTO DE LAS
MANIFESTACIONES DE BARITA EN EL CORREGIMIENTO DE CARACOLÍ, CESAR,
COLOMBIA

Julián Eduardo Rozo Guzmán.
Wilfar David Torrenegra Barraza.

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
VALLEDUPAR
2018

MINERALOGENESIS Y GEOQUÍMICA DEL EMPLAZAMIENTO DE LAS
MANIFESTACIONES DE BARITA EN EL CORREGIMIENTO DE CARACOLÍ, CESAR,
COLOMBIA

Elías Ernesto Rojas Martínez.
Julián Eduardo Rozo Guzmán.
Wilfar David Torrenegra Barraza.

Informe de investigación proyecto semillero para optar al título de Ingeniero Geólogo

Director(es) del trabajo:
ELÍAS ERNESTO ROJAS MARTÍNEZ
Docente(s) Académico

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
VALLEDUPAR
2018

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Valledupar, 17 de Marzo de 2018.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
1. JUSTIFICACIÓN	18
2. PROBLEMA Y CONTEXTO	19
3. OBJETIVOS	20
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. REFERENTES TEÓRICOS.....	21
5. METODOLOGÍA.....	22
6. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO	23
6.1. LOCALIZACIÓN	23
6.2. MARCO GEOLÓGICO	24
6.3. MARCO TECTÓNICO	25
6.4. DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA Y MINERALOGICA.	26
6.5. CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS Y TEXTURALES DE LA MINERALIZACIONES ..	28
6.6. GEOQUÍMICA	30
7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	32
8. CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localización del área de estudio. _____	23
Figura 2: Mapa de direcciones preferenciales de las fallas locales. Se evidencian las tendencias NE-SW de los principales planos. Modificado de la plancha 33, Colmenares et al, (2007). _____	25
Figura 3: Pequeños pliegues de la Formación Guatapurí. _____	26
Figura 4: triángulo de Streckeisen (1976) para rocas ígneas extrusivas. _____	27
Figura 5: Muestra de mano de la roca caja (Formación Guatapurí). _____	27
Figura 6: Muestra de mano de la roca caja (Formación Guatapurí) vista por el estereoscopio. _____	27
Figura 7: Microfotografía de una Dacita. Pl: Plagioclasa; Ox: Óxidos; Op: minerales opacos; Qz: Cuarzo. (A, Nícoles paralelos. B, Nícoles cruzados). _____	28
Figura 8: Morfología de las vetas de bario. Se evidencia morfología filoniana, contactos netos, y anchura de las mineralizaciones variable de pocos centímetros a venas de más de 15 m. _____	29
Figura 9: Mapa de unidades geológicas, puntos de muestreo y distribución de la mineralización de barita. _____	29
Figura 10: Concentración elemental en porcentajes (%) de Bario y Estroncio de las muestras de las 16 Baritas analizadas. _____	31
Figura 11: Fluidos hidrotermal morfología en forma de “rosario” _____	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Concentración en elementos y algunos compuestos de las muestras de las mineralizaciones analizadas.	30
Tabla 2: Concentración elemental en porcentajes (%) de las muestras de la roca caja analizadas	30

RESUMEN

La Barita es un mineral de génesis hidrotermal que asciende a través de fallas y diaclasas, esto pues cuando no corresponde a depósito estratoconfinados. Su aprovechamiento como mineral es en función de su composición, siendo este una mena de Bario, sin embargo para su aprovechamiento es necesario tener en cuenta diversos factores como las características mismas de la mineralización, su roca caja, dimensiones y distribución del yacimiento, ante lo cual se adelanta el presente estudio con la finalidad de tener un conocimiento sobre las dimensiones del yacimiento y características del mineral presente, datos con los que no se disponen de una forma clara y definida, que brinden una óptima extracción mineral, aprovechamiento económico y posibles aplicaciones alternas del mineral de barita. Esta investigación está dirigida hacia la caracterización mineralógica y geoquímica de las mineralizaciones aflorantes y rocas encajantes, teniendo en cuenta los criterios geoquímicos, morfológicos y rocas asociadas con el fin de obtener la mineralogénesis del yacimiento. Los elementos constituyentes de la Barita fueron determinados mediante espectrometría de fluorescencia de rayos-X, considerado un método analítico apropiado para la determinación de Bario y Estroncio, ya que estos elementos son indicativos de los procesos de formación del yacimiento, dada su notable exactitud. De la misma forma, se realizó ensayos de fluorescencia de rayos-X a las rocas encajantes con la finalidad de contrastar las variaciones de algunos elementos analizados y establecer relaciones geoquímicas, lo que a su vez es tenido en cuenta al momento de la elaboración de una hipótesis genética. Los resultados obtenidos demuestran que en las distintas mineralizaciones se evidencia una relativa homogeneidad de Bario, indicando la inexistencia de diversas etapas de mineralización para la Barita. En conclusión, en el área de estudio existe una importante anomalía geoquímica positiva en Ba producto de un relleno de cavidades de fluidos hidrotermales ascendentes, que se manifiesta en numerosas mineralizaciones de Barita epigenéticas asociadas a un dominio estructural previo (la Falla Las Pavitas) con direcciones predominantes NE-SW, encajando entre rocas sedimentarias e ígneas efusivas Triásico-Jurásicas, correspondiendo a la Formación Guatapurí.

PALABRAS CLAVE: Barita; Falla; Geoquímica; Mineralogénesis; Mineralización.

ABSTRACT

Barite is a mineral of Genesis hydrothermal that ascends through failures and joints, this because when it does not correspond to deposit strata bounds. Its use as a mineral is based on its composition, being a barium ore, however for its use it is necessary to take into account various factors such as the characteristics of the mineralization, its rock box, dimensions and Distribution of the site, to which the present study is advanced with the purpose of having a knowledge on the dimensions of the deposit and characteristics of the present mineral, data with which they are not available in a clear and defined form, that provide a Optimum mineral extraction, economic utilization and possible alternate applications of barite ore. This research is directed towards the mineralogical and geochemical characterization of the mineralisation of the surface and the embedded rocks, taking into account the geochemical, morphological and rock criteria associated with the purpose of obtaining the mineralogénesis of the Site. The constituent elements of barite were determined by X-ray fluorescence spectrometry, considered an appropriate analytical method for the determination of barium and strontium, since these elements are indicative of the processes of Formation of the deposit, given its remarkable accuracy. In the same way, we conducted tests of X-ray fluorescence to the rock embedded in order to contrast the variations of some elements analyzed and establish geochemical relations, which in turn is taken into account at the time of the elaboration of A genetic hypothesis. The results show that the different mineralization shows a relative barium homogeneity, indicating the non-existence of various mineral stages. In conclusion, in the area of study there is an important positive geochemistry anomaly in Ba product of a filling of cavities product of ascending hydrothermal fluids, manifested in numerous epigenetic barite mineralization associated with a Predominant structural domain (the fault of the Pavitas) with predominantly NE-SW directions, fitting between sedimentary rocks and igneous effusive Triassic-Jurassic, corresponding to the Guatapurí formation Unit.

KEY WORDS: Geochemistry; Mineralogenesis; Mineralization; Fault; Barite

INTRODUCCIÓN

La Barita es un mineral de la clase de los sulfatos el menos soluble de estos, insoluble en ácidos y conocido como el mineral más rico en bario en la corteza terrestre (Chang 1996); este se presenta en diversos ambientes geológicos, tanto en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; frecuente además como yacimientos hidrotermales en edades desde el Cámbrico hasta el Terciario (Prieto, G., et, al., (2011).

Por su origen, pueden ser definidos tres tipos de depósitos: venas, rellenos de cavidades, estratificados y depósitos residuales. Propiamente, la barita en venas y como relleno de cavidades es producto de procesos epitermales; esta es generalmente densa, dura y de tonalidad gris y blanca, comúnmente asociada con fluorita, calcita, dolomita, ankerita y sulfuros tales como piritita, calcopirita, galena esfalerita y sus oxidaciones; siendo además el oro y la plata minerales asociados a la barita (Brobst 1958).

La génesis de la barita como venas hidrotermales se relaciona a la concentración de bario en la fase de vapor cuando el magma se satura en agua, dado que el bario normalmente no forma minerales propios (Miras 1991), y se distribuye en minerales silicatados sustituyendo el Potasio en las fases tempranas de la diferenciación magmática (Heier & Taylor 1959).

Miras define que como yacimientos para la comprensión del Bario es necesario entender tres aspectos: la fuente de elementos mineralizantes, las condiciones de movilización y la precipitación misma. Para hacer posible su movilización en solución es necesaria una escasez de SO_4 , además de condiciones óptimas de presión y temperatura; en función de la naturaleza misma del Bario el cual no forma compuestos fácilmente solubles en soluciones hidrotermales (Fersman 1991), sin embargo, es en rocas acidas y especialmente en las de carácter alcalino en las que el bario mayormente se incorpora a la estructura de los feldespatos (Dunham & Hanor 1967).

Alojadas en rocas sedimentarias e ignimbríticas triásico-jurásicas producto de episodios volcánicos durante estas épocas (Ortega 2011) encajan mineralizaciones de barita; estas se localizan en el corregimiento de Caracolí ubicado en el departamento del Cesar, no obstante, existen mineralizaciones de barita en diversas localidades del Cesar, mas no son motivo de este estudio.

Las mineralizaciones de barita en el corregimiento de Caracolí son producto del emplazamiento de fluidos minerales ricos en sulfato de bario (BaSO_4), silicatos (SiO_2) y carbonatos (CaCO_3) que rellenaron fracturas preexistentes (Estrella 2014), pues la barita presente como venas y relleno de cavidades es un mineral de naturaleza epitermal; este precipita con el decrecimiento de la temperatura de fluidos oxidados con moderadas salinidades a temperaturas cercana a los 300°C (Thompson 1996).

Actualmente el conocimiento geoquímico y mineralógico del yacimiento mismo es relativamente escaso, resaltando que los trabajos de geología regional realizados no aportan datos específicos de las mineralizaciones de barita y los realizados en el área de estudio no abarcan completamente detalles para la comprensión de la mineralización, lo que puede considerarse como una región escasamente investigada.

De lo anteriormente expuesto se tiene como objeto de estudio las mineralizaciones con la finalidad de contribuir al conocimiento de la geoquímica del Barrio y de la mineralogénesis de la barita del sector del corregimiento de Caracolí, a partir de criterios geoquímicos y petrográficos, además de establecer relaciones espaciales, temporales y genéticas entre las mineralizaciones y las rocas encajantes constituyendo así una base para la construcción de modelos genéticos más detallados y controles estructurales útiles para el desarrollo de proyectos de exploración, estando en desarrollo este último como parte de un proyecto de investigación.

1. JUSTIFICACIÓN

La Barita (de composición química BaSO_4) es un mineral potencialmente económico, cuya importancia está en los múltiples usos que presenta, no obstante durante el proceso de aprovechamiento de esta misma, es necesario un conocimiento sobre las dimensiones del yacimiento y características del mineral presente, esto para una óptima extracción mineral, aprovechamiento económico y posible aplicaciones alternas del mineral mismo, no obstante son datos con los que no se disponen de una forma clara y definida razón por la cual se adelanta el estudio.

Estudios y análisis a realizar mediante el presente son un aporte directo al aprovechamiento al máximo del yacimiento y de su potencial económico, además de generación de nuevos conocimientos afines a la naturaleza del yacimiento mismo tales como su génesis, estudios que pueden serían desarrollados posteriormente en función de un análisis estructural; esto teniendo en cuenta que trabajos de geología regional realizados anteriormente no aportan datos significativos sobre las mineralizaciones de barita.

2. PROBLEMA Y CONTEXTO

Unos de los mayores impedimentos para la explotación económica y aprovechamiento al máximo de un mineral, para este caso la Barita, es la escasez de datos definidos como dimensiones y abundancia del mineral en un yacimiento. La Barita es un mineral de génesis hidrotermal que asciende a través de fallas y diaclasas. Actualmente en el área de explotación no se cuenta con estudios que relacionen la distribución, geometría y tamaño del cuerpo mineralizado; en función de la necesidad planteada se desarrollará un estudio en el cual se definirá una caracterización geológica de las mineralizaciones de Barita.

¿Cuál es la distribución y Características Geológicas de las Mineralizaciones de Barita aflorantes y su respectiva roca caja en el corregimiento de Caracolí, Cesar?

3. OBJETIVOS

Caracterizar el emplazamiento de las mineralizaciones de barita en el corregimiento de caracolí, cesar, Colombia.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las características y propiedades físicas del mineral de mena (Barita) y de la roca encajante.
- Contribuir al conocimiento de la geoquímica del mineral de mena (Barita) en el área de estudio.
- Determinar la filiación genética de la mineralización de barita en relación a su roca encajante, teniendo en cuenta la geoquímica.
- Realizar un Mapa Geológico de vetas en superficie en el área de estudio a escala 1:15.000

4. REFERENTES TEÓRICOS

La Barita es un mineral no metálico cuya fórmula química es BaSO_4 . Es conocida también como baritina o espato pesado, siendo unas de sus principales características el ser un material inerte, no tóxico y que tiene un alto peso específico, llegando a ser de hasta 4.5 gr/cc, siendo ésta última característica de donde proviene su nombre que es de la palabra griega baros que significa pesado.

Encabeza a un grupo mineralógico conformado por la barita misma, celestita, anglesita y anhidrita. Es un mineral típico de filones hidrotermales, asociado con ganga a algunos yacimientos minerales de plomo, cobre, manganeso, hierro y flúor. Más raramente en rocas sedimentarias. Dada su alta densidad, el principal uso que tiene la barita es en la industria del petróleo como aditivo en lodos de perforación. Es usada también en la fabricación de pinturas y papel, además también es la materia prima para la fabricación de diferentes productos químicos de bario (Lorenz y Gwodz 2004). Los primeros se presentan en la fase epitermal como filones monominerales (Rösler 1984).

Dada su alta densidad, el principal uso que tiene la barita es en la industria del petróleo como aditivo en lodos de perforación. Es usada también en la fabricación de pinturas y papel, además también es la materia prima para la fabricación de diferentes productos químicos de bario (Lorenz y Gwodz 2004).

En Colombia como áreas promisorias se consideran los municipios de San Alberto, Curumaní y Ayacucho (Cesar), San Calixto, Hacarí, Abrego, Villacaro y Cáchira (Norte de Santander) y Matanza, Tona, Umpalá, Cepita, La Aguada, La Paz, Jesús María y Sucre (Santander). (Camacho 2002), siendo Caracoli, una zona que se añade como área promisoría.

El área de estudio está conformada por varias formaciones rocosas siendo las más adyacentes Formación Guatapurí, Ignimbrita de los Clavos, Riodacita de los Tábanos y Riolita del Golero

5. METODOLOGÍA

El estudio se centra en la caracterización petrográfica y geoquímica de las mineralizaciones y de algunos materiales encajantes, considerando criterios geológicos de forma aislada, tales como la morfología de los depósitos de barita, y los tipos de roca caja.

Tomando como base cartográfica regional las planchas topográficas 33-IV-A y 33-IV-C del IGAC, planchas en las cuales se localiza el yacimiento de Barita se llevó a cabo la identificación de los diferentes cuerpos rocosos (sus litologías, y límites en superficie), de igual forma las vetas vistas en superficies (mineralogía). Además, se procedió a una recopilación absoluta de toda la información relacionada con estudios anteriores realizados en el área de estudio, no obstante, también de aquellos documentos afines que aporten al desarrollo y conclusión de la investigación misma.

Posteriormente, se realizó un muestreo sistemático en torno a las vetas aflorantes: 20 muestras, de roca caja y mineralización emplazante, de las cuales se recolectaron 16 muestras de Barita con morfología filoniana y 4 muestras de la roca caja (Formación Guatapurí). Todas representativas de la mineralización emplazada.

Los datos recopilados fueron obtenidos durante la fase de geología de campo teniendo en cuenta los diversos aspectos descriptivos y la toma de medidas. Los aspectos descriptivos tomados son tanto de la mineralización como de las rocas encajantes, sus relaciones morfológicas, texturales y características físicas. Siendo necesario resaltar que en la descripción y clasificación macroscópica y microscópica de la roca caja se determinó la mineralogía, textura, granulometría, color, forma, morfología de los granos, realizándose a las muestras algunos análisis físicos. La clasificación de la roca macroscópica y microscópica de la roca encajante se realizó mediante los diagramas de Streckeisen 1976.

La toma de medidas fue tanto de direcciones y buzamientos de los cuerpos mineralizados, de las rocas encajantes, sistemas de fracturación, así como de diversos diques.

Se realizaron estudios geoquímicos a las muestras recuperadas en campo mediante análisis de fluorescencia de rayos-x (FRX), un método de análisis sencillo y rápido usado para establecer filiaciones genéticas entre la mineralización y la roca caja, y establecer posibles modelos genéticos que vislumbren la mineralogénesis del yacimiento. De la misma manera se tomaron datos estructurales de las fallas locales para conocer su comportamiento preferencial de las mismas y de la mineralización.

En función de ArcGis® se procedió a la digitalización de la topografía, litología, vetas, ubicadas en el área de estudio y las coordenadas donde fueron extraídas las muestras.

6.2. MARCO GEOLÓGICO

Regionalmente el área de estudio se enmarca en el Terreno Chibcha, acrecionado al bloque autóctono a finales del Paleozoico (Toussaint 1996). La zona se encuentra ubicada en el Terreno Sierra Nevada de Santa Marta; este terreno se encuentra litológicamente constituido por metamórfitas del precámbrico, magmatitas del Triásico-Jurásico y Terciario inferior, sedimentitas del Triásico y Cretácico superior y volcanitas del Jurásico entre las cuales están la Formación Guatapurí y la Unidad Riodacita de los Tábanos (Etayo, F. et al 1983).

Las vetas de barita aflorantes son un conjunto de mineralizaciones emplazadas en rocas vulcanosedimentarias triásico-jurásicas, cuya composición varía entre lodolitas e ignimbritas, que cubren casi en su totalidad el área de estudio; la Formación Guatapurí (TJg) y la Unidad Riodacita de los Tábanos (Jt) acumuladas allí por procesos eruptivos piroclásticos (Colmenares et al 2007).

El área de estudio se encuentra estratigráficamente constituida por la Formación Guatapurí caracterizada por aflorar en el borde suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta constituida por un conjunto importante de rocas vulcanosedimentarias y limolitas rojas (Toussaint 1996), esta se trata de una formación subdividida en dos conjuntos de rocas, una parte basal volcánica alternada con rocas sedimentarias y una parte superior sedimentaria con intercalaciones volcánicas (Arias 1999), apreciadas en el área de estudio como colinas. Estas rocas hospedan casi en su totalidad las manifestaciones de barita presentes en el área estudiada en el corregimiento de Caracolí, Cesar. Discordantemente subrayase la Unidad Riodacita de los Tábanos, rocas de texturas y colores variados en función de su composición que va desde latitas y riolitas a traquitas, predominando tonalidades rosadas claras, moradas claras o grises rojizas.

6.3. MARCO TECTÓNICO

Producto de la deformación estructural ocurrida por la exhumación de la Sierra Nevada de Santa Marta (González et al 1988), se presentan estructuras que afectan especialmente litologías triásico-jurásicas y cretácicas: Las Fallas Pavitas y Caracolí; correspondientes a la denominada región estructural IV (de las regiones estructurales en que está dividida la SNSM), fallas con un estilo estructural penetrativo alto y de alta sinuosidad de vergencia NNE consideradas principalmente como inversas rumbo-deslizantes (Colmenares et al 2007). Se presentan estructuras regionales influyen directamente en el comportamiento de la mineralización estudiada.

Las fallas geológicas locales fueron reconocidas, disponiéndose como estructuras de relleno mineral, generalmente apreciados como planos de altos buzamientos cortando litologías triásico-jurásicas de la formación Guatapurí sobre los que se aprecian evidencias cinemáticas tales como estrías y riedels. Los planos de falla observados corresponden a fallas inversas-sinistrales que presentan generalmente rumbos de N69°E a N74°E y altos buzamientos que oscilan desde los 71° a los 81°; además de pequeñas fallas satélites de menores buzamientos (51°-55°). Ninguna de estas fallas se aprecia separando unidades geológicas entre sí. Las estrías, diaclasas y fallas locales, están asociadas a las fallas Caracolí y Pavitas, evidenciado esto en las direcciones preferenciales seguidas por las venas de barita y los planos de diaclasas y fallas mismas (Figura 2).

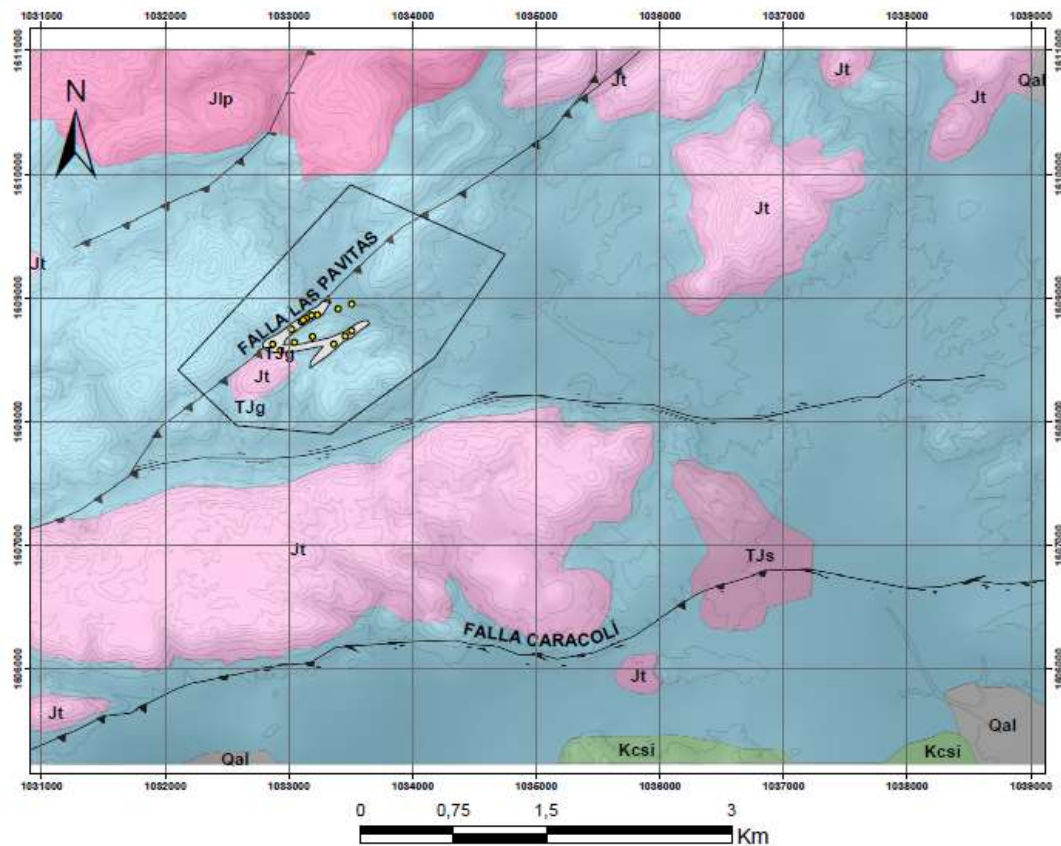


Figura 2: Mapa de direcciones preferenciales de las fallas locales. Se evidencian las tendencias NE-SW de los principales planos. Modificado de la plancha 33, Colmenares et al, (2007).

6.4. DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA Y MINERALÓGICA.

Las descripciones petrográficas se realizaron a rocas de la Formación Guatapurí (TJg), roca caja principal de la mineralización. No obstante, se presenta la Unidad Riodacita de los Tábanos por su presencia a nivel regional.

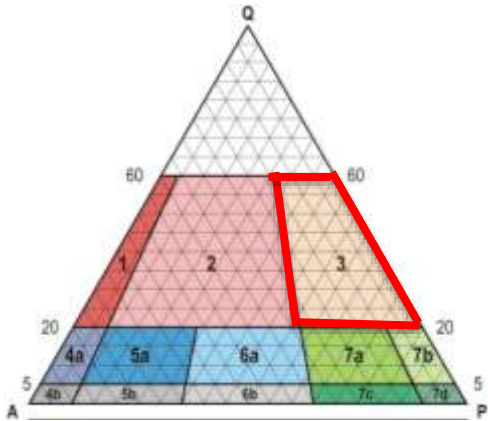
Macroscópicamente las rocas de la Formación Guatapurí (denominada así por Tschanz et al. en 1969) se encuentran de coloración rojiza y gris amarillosa con granulometría limosa a arcillosa, con estratificación plano paralela con pequeños pliegues en algunas partes de la zona. (Figura 3); Observadose interposiciones volcánicas que consisten en niveles gruesos, generalmente de composición riolítica a andesítica de morfología tabular. (Colmenares et al. 2007).

La Unidad Riodacita de los Tábanos (Jt) macroscópicamente evidencia gran cantidad de xenolitos de composición básica a intermedia con fuerte epidotización de plagioclasas y cuarzos subhedrales, y caracterizada por su coloración grisácea. Se le designa así a una serie de rocas volcánicas de composición félsica y rosadas, descritas originalmente por Tschanz et al. En 1969 como tobas latíticas, andesíticas, traquíticas, líticas ignimbríticas y riodacíticas que afloran a lo largo de varias transectas entre las cuales está la Estación a Camperucho Sector Alto Las Minas cercana al área de estudio (Colmenares et al. 2007).



Figura 3: Pequeños pliegues de la Formación Guatapurí.

Macroscópicamente la muestra representativa de la roca caja (Formación Guatapurí) corresponde a una roca ígnea volcánica, con baja meteorización, presenta una textura afanítica, color marrón grisáceo. Vista en el estereoscopio se logran identificar cristales de cuarzo (Q): 40%, Plagioclasa (Pl):30%, bajo porcentaje de feldespatos (A):5% y un índice de color (IC):25%; contiene calcita alterando a Aragonito y Moscovita como mineral accesorio (Figura 5 y 6). Según Streckeisen (1976) para rocas ígneas extrusivas corresponde a **Dacita** (Figura 4).



IC: 25%	RECALCULO
Q: 40%,	Q: 53.3%,
PI: 30%,	PI: 42.85%,
A: 5%	A: 7.14%

Figura 4: triángulo de Streckeisen (1976) para rocas ígneas extrusivas.



DESCRIPCION DE LA ROCA	
Origen	Efusiva
Color	Marrón
Textura	Afanítica
Estructura	Masiva
Grado de cristalinidad	Hipocristalina
Tamaño de los cristales	Microcristalina
Distribución de los cristales	Inequigranular

Figura 5: Muestra de mano de la roca caja (Formación Guatapurí).

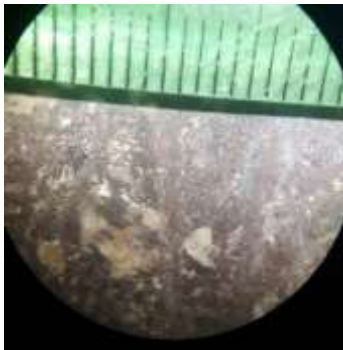


Figura 6: Muestra de mano de la roca caja (Formación Guatapurí) vista por el estereoscopio.

DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA			
Propiedades	Minerales Leucocratos (75%)		
	Cuarzo (40%)	Feldespato Potásico (5%)	Plagioclasas (30%)
Forma	Alotriomorfo	No se identifica	Alotriomorfo
Tamaño	Medio	X	Medio
Hábito	Irregular	X	Masivo
Color	Incoloro	X	Blanco
Brillo	Vítreo	X	Mate
Minerales Melanocratos (25%)			
No se logran identificar los minerales máficos macroscópicamente, se pretende caracterizarlos y clasificarlos por medio de su estudio microscópico en un análisis de sección delgada.			

A nivel microscópico se observa una roca de composición ácida y de textura afanítica, con cristales de plagioclasa 10%, feldespato (ortosa) 50% y cuarzo 40%, fácilmente identificable algunos xenolitos con altos contenido en plagioclasas y cuarzo. Clasificada según Streckeisen (1976) como **Dacita**. (Figura 7)

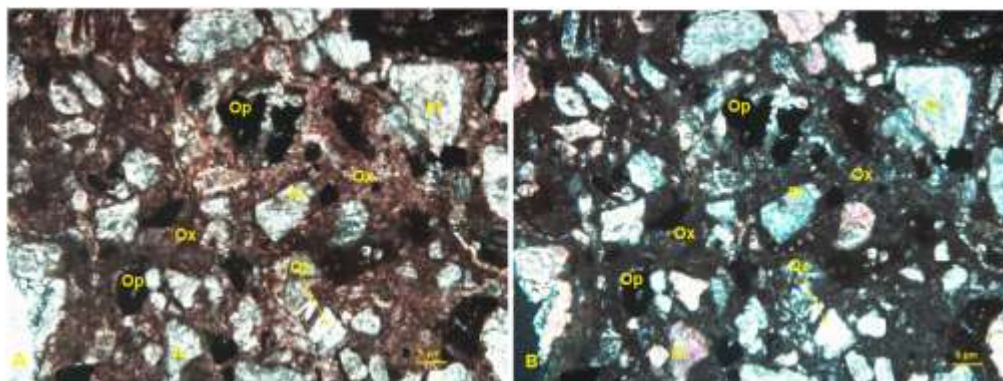


Figura 7: Microfotografía de una Dacita. Pl: Plagioclasa; Ox: Óxidos; Op: minerales opacos; Qz: Cuarzo. (A, Nícoles paralelos. B, Nícoles cruzados).

6.5. CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS Y TEXTURALES DE LA MINERALIZACIONES

Los afloramientos de barita presentes en el corregimiento de Caracolí corresponden a mineralizaciones que emplazan en diversos puntos de litologías triásico-jurásicas, propiamente rocas vulcano-sedimentarias pertenecientes a la Formación Guatapurí, presentándose alteraciones sericiticas que ascienden a lo largo de fracturas N71°W y N72°E. Lo observado permite diferenciar el carácter singenético de la mineralización, en función de relaciones morfológicas y texturales con las rocas encajantes tales como correspondencia entre las paredes de las vetas, vetas con morfologías cimoides, tabulares, en rosario, en forma de bolsones y localmente como brechas (Ortiz 1991).

Las mineralizaciones son principalmente de Barita, mineral mena, que se encuentra de forma masiva y ocasionalmente como rosetas, de color blanco y rosado (por la presencia de Fe). Presenta un sistema cristalino ortorrómbico, dureza de 3- 3,5 en la escala de Mohs, tenacidad quebradiza, brillo vítreo, densidad entre aproximada de 3.9 gr/cm³.

Se dispone rellenando diaclasas y fallas preminerales, determinado por la correspondencia entre las paredes de las vetas, apreciándose además zonas en las que se generaron brechas hidrotermales en función del paso de los fluidos por zonas cerradas, evidenciado en fragmentos de la roca adyacente en las vetas de Barita Figura 2. Tales mineralizaciones se vinculan con actividades plutónicas del Cenozoico (Maestre 2013).

Las mineralizaciones de Barita se encuentran emplazadas a lo largo de fracturas subverticales N45°-70°W y N45°-75°E y constituyen la mayoría de las explotaciones realizadas dada sus concentraciones. La morfología de las vetas de bario es netamente filoniana, mostrando contactos netos, aunque localmente se observan zona de brechificación. El espesor de las mineralizaciones varía en potencias que van desde vetillas de pocos centímetros a venas de más de 15 m. (Figura 8).



Figura 8: Morfología de las vetas de barita. Se evidencia morfología filoniana, contactos netos, y anchura de las mineralizaciones variable de pocos centímetros a venas de más de 15 m.

La barita aflora como filones, cristalizando en forma de agregados tabulares de gran tamaño o en agregados en forma de rosetas con coloraciones blancas o rosadas. Las vetas a lo largo de las fallas no presentan deformación estructural disponiéndose como estructuras que cortan discordantemente a los encajantes. Por otra parte, además de la barita se observan mineralizaciones de calcita y fluorita verde, siendo notorio localmente pirolusita, calcopirita, hematita, pirita y malaquita (rellenando fracturas en zonas cercanas a la mineralización de barita). Localmente la barita se aprecia como brechas con fragmentos de ignimbritas subangulares mineralizados con calcopirita, soportadas en una matriz de barita de cristales finos; evidencia de el paso del fluido hidrotermal por los pocos espacios que quedaron al triturarse la roca encajante al momento del fallamiento (Ortiz 1991).

Cartográficamente, la mineralización presenta una orientación NE-SW, que coincide con la orientación de la Falla Pavitas y otras estructuras locales. (Figura 9)

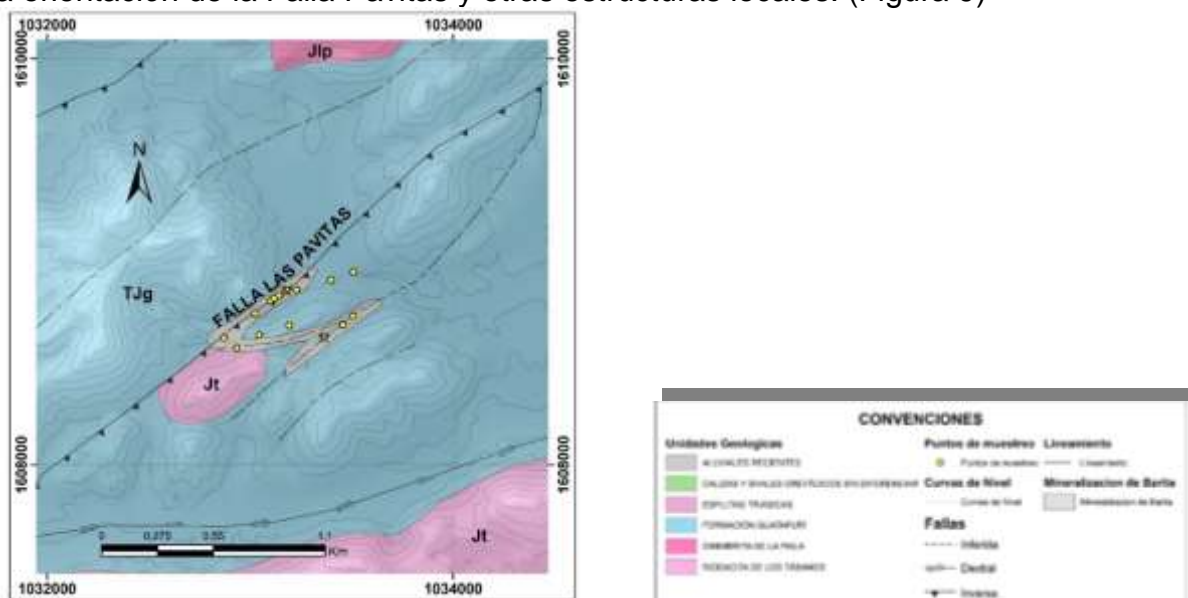


Figura 9: Mapa de unidades geológicas, puntos de muestreo y distribución de la mineralización de barita.

6.6. GEOQUÍMICA

Los elementos constituyentes de las baritas fueron determinados mediante espectrometría de fluorescencia de rayos-X, siendo el empleo de FRX un método analítico apropiado para la determinación de bario y estroncio dada su notable exactitud (López, et. al. 1988). Es notorio resaltar que el estroncio puede entrar en la estructura cristalina de minerales como calcita, fluorita y barita, siendo el análisis de la geoquímica de este elemento un método adecuado para el análisis de la génesis de la barita y no solo eso, también de los depósitos en los que ocurren (Barbieri, et. al. 1984). Por otra parte, se realizó un análisis geoquímico mediante Fluorescencia de Rayos X, a las rocas encajantes con la finalidad de contrastar las variaciones de algunos elementos analizados y establecer relaciones geoquímicas, lo que a su vez es tenido en cuenta al momento de la elaboración de una hipótesis genética.

En las Tablas 1 se muestran un promedio (\bar{x}) de los resultados de los principales elementos constituyentes expuestos en porcentajes (%) y partes por millón (ppm), datos químicos obtenidos de las muestras de barita correspondientes a los afloramientos de vetas y relleno de cavidades WJM1, WJM2, WJM3, WJM4, WJM5, WJM6, WJM7, WJM8, WJM9, WJM10, WJM11, WJM12, WJM13, WJM14, WJM15, WJM16.

En la tabla 2, se muestran un promedio (\bar{x}) de los resultados de los principales elementos constituyentes expuestos en porcentajes (%), datos químicos obtenidos de las rocas cajas correspondientes a la Formación Guatapurí WJR1, WJR2, WJR3, WJR4.

Los hechos más significativos que se revelan entorno a los análisis efectuados son:

a) Altos porcentajes de Ba cuyos promedios superan el 63% y Bajos porcentajes de Sr cuyos promedios no superan el 0.85% en las baritas (Figura 10), y b) Gran dispersión en los valores de Ba y Sr de la mineralización en contraste con la roca caja. El resto de datos químicos son de utilidad para una caracterización más acertada de estas baritas, lo cual es importante desde el punto de vista estudiado.

Tabla 1: Concentración en elementos y algunos compuestos de las muestras de las mineralizaciones analizadas.

	CaCO ₃	SiO ₂	Ba	Sr	S	Fe	Al	Au	K	Cu	Zn
\bar{X}	3.98	2.21	23.490	0.653	8.436	502.4	2929.5	273.6	298.3	270.2	154.5
Rango	0.2-9.0	1.3-3.2	23.4-24.8	0.5-0.8	7.7-9.1	<3555.9	<4032.9	236.9-324.0	<463.7	<302.8	<168.7

Carbonato, Óxidos, Ba, Sr y S (%); Otros Elementos (ppm)

Tabla 2: Concentración elemental en porcentajes (%) de las muestras de la roca caja analizadas

	Ba	Sr	S	Fe	Al	Au	K	Cu	Zn	Rb
\bar{X}	0.342	0.054	0.146	5.316	13.643	0.0013	7.967	0.006	0.018	0.029
Rango	0.32-0.36	0.04-0.06	0.14-0.15	3.6-6.5	11.8-14.8	<0.0015	7.4-8.5	<0.0084	<0.02	<0.031

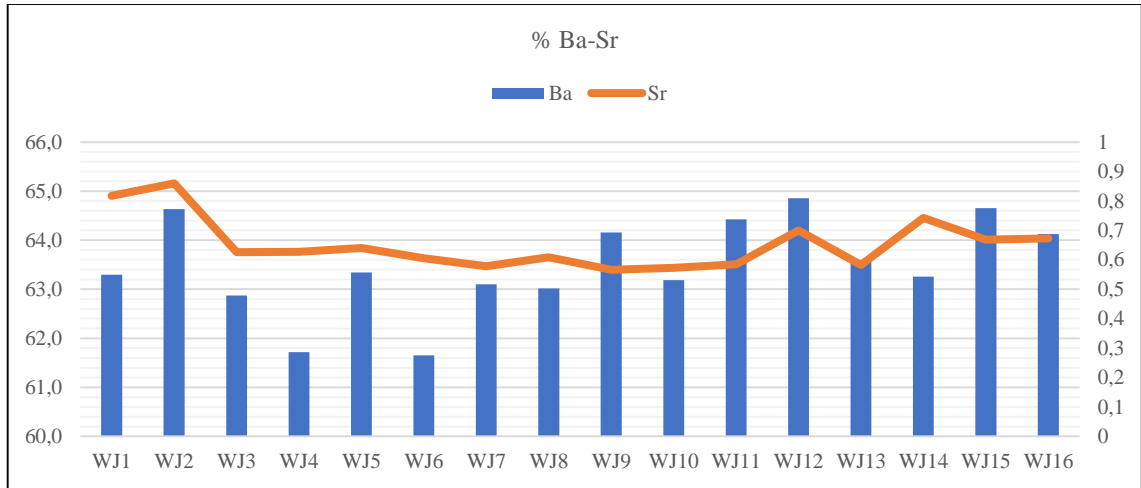


Figura 10: Concentración elemental en porcentajes (%) de Bario y Estroncio de las muestras de las 16 Baritas analizadas.

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Sobre los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico en el que se considera la población total y se establece una caracterización general de la composición química de las baritas de esta zona.

Los valores obtenidos de las distintas muestras de barita presentan variaciones composicionales poco notables, interpretadas en relación con la pureza de las baritas de esta mineralización. De estos análisis obtenidos en las distintas mineralizaciones se puede establecer la relativa homogeneidad, indicando la inexistencia local de diversas etapas de mineralización para la Barita. No existe ninguna relación aparente entre la tipología de la mineralización y el contenido de Ba y Sr presente en la roca caja tal como se puede apreciar en los porcentajes presentados en la tabla 1 y la tabla 2. Estableciendo en función de esto que no existe una filiación genética entre la mineralización y la roca caja misma, al no haber una relación directa entre el porcentaje encontrado de los elementos analizados (Ba, Sr) no tratándose de depósitos singenético como ocurre en algunos yacimientos de barita de origen sedimentario donde tales valores en la roca caja y mineralización serían semejantes.

La ausencia de otras fases minerales de estroncio en la mineralización (como la Celestina) sirve para establecer que este elemento, se presenta como un sustituyente isomórfico en la estructura molecular de la barita, dado que esta y la Celestina pueden formar una serie isomórfica e isoestructural, pudiendo sustituir al bario en la barita (Tafuri 1973); no obstante su proporción y variación pueden utilizarse al momento de establecer más a fondo una hipótesis genética dada su afinidad geoquímica con el bario, pues variados rangos de contenidos de estroncio indicarían diversas etapas de mineralización, condiciones diferentes y posiblemente diversos orígenes (Miras 1991), no obstante es mediante un estudio de DRX el que permitiría determinar el porcentaje de sustitución isomórfica del Sr en la estructura de la barita (Hanor 1966)

Por otra parte, las mineralizaciones corresponden a eventos posteriores a la litificación de las litologías involucradas, evidenciado en el contenido de bario presente en las rocas encajantes en contraste con las rocas de este mismo tipo pero adyacentes a la mineralización específicamente a una posible actividad plutónica del Cenozoico, no obstante, son necesarias evidencias petroquímicas y cronológicas que asocien directamente la mineralización con cuerpos asociados a este evento en específico.

Las mineralizaciones se emplazan en estructuras regionales; esta misma se ve controlada por fallamientos preminerales que constituyeron cavidades libres para el relleno de los fluidos mineralizantes.

Se reconocen las mineralizaciones como producto de fluidos hidrotermales, con un desarrollo morfológico en forma de “rosario” y “bolsones”, (Figura 11) alojadas en un sistema de fallas inversas con orientación preferencial NNE-SSW y estructuras asociadas. Tales yacimientos filonianos de barita son producto de fluidos magmático-hidrotermales y no de lixiviado mineral de roca caja; evidenciado esto en las cantidades significativas de

bario presentes en la mineralización en contraste con las de la roca caja que se encuentran en menor proporción y estas a sus equivalentes más alejados (Engelhardt 1936).



Figura 11: Fluidos hidrotermales morfología en forma de "rosario"

Los valores de oro obtenidos equivalentes de 235 a 345 ppm en las muestras puede asociarse con la precipitación de la barita, teniendo en cuenta que este último es de muy baja solubilidad en solución y con bajas tendencias a disolverse, considerando esto la presencia del oro puede deberse a dos posibles eventos: El encuentro de dos soluciones: una rica en bario y pobre en sulfatos y otra rica en sulfatos con oro en solución, las cuales una vez en contacto permitieron la precipitación de la baritina; o la oxidación de un fluido rico en bario y azufre el cual enriqueció el fluido en sulfatos y facilitó la precipitación de la barita, habiendo precipitado el oro al no haber ya un complejo bisulfurado que facilitara su transporte.

Los contenidos de 240 a 1140 ppm de Fe son uniformes dados posiblemente por la presencia de óxidos de Fe, impurezas minerales producto de alteraciones. El contenido de calcio se debe a los encajantes de calcio que acompañan la mineralización. Exceptuando la presencia de Au el resto de elementos analizados (K, Cu, Zn, Pb, Cr, Ti, Zr, P y Cl) no presentan variaciones geoquímicas de interés.

En la composición química de las rocas encajantes y regionales se manifiesta un ligero contenido de bario y estroncio, anomalía geoquímica explicadas mediante la presencia de mineralizaciones existentes localmente.

En relación a lo expuesto, el modelo genético propuesto para las mineralizaciones de bario estudiadas es de carácter epigenético, cristalización de un fluido rico en bario, con presencia de estroncio sin desarrollo de fases minerales propias, antes bien manifiesto como posible sustituyente isomórfico en la estructura del Bario; además, la precipitación de la barita podría haberse generado en un sistema abierto, asumiendo la presencia de oro como producto de la participación de soluciones oxidantes.

8. CONCLUSIONES

El área de estudio ubicada en el corregimiento de Caracolí, refiere una importante anomalía geoquímica positiva en Ba, manifiesta en numerosas mineralizaciones de barita epigenéticas asociadas a un dominio estructural previo, pues esta se dispone rellenando fallas y fracturas (asociadas al fallamiento) preexistentes con direcciones predominantes NE-SW, encajando en rocas sedimentarias e ígneas efusivas Triásico-Jurásicas, correspondiente a la Formación Guatapurí.

Las mineralizaciones son principalmente de Barita, mineral mena, que se encuentra en vetas cristalizando de forma masiva y ocasionalmente como rosetas, de color blanco y rosado (por la presencia de Fe). Presenta un sistema cristalino ortorrómbico, dureza de 3-3,5 en la escala de Mohs, tenacidad quebradiza, brillo perlado, densidad entre aproximada de 3.9 gr/cm³. Esta mineralización encaja en rocas de la Formación Guatapurí clasificadas macroscópica y microscópicamente en litologías que varían de dacitas a andesitas y ocasionalmente limolitas; No obstante, el emplazamiento se restringe a las dacitas, miembro volcánico de esta formación.

En función de que el estroncio es un elemento indicativo apropiado para determinar la filiación genética en mineralizaciones como Barita, fluorita y calcita, los datos geoquímicos obtenidos, las rocas encajantes manifiestan un bajo porcentaje de bario y estroncio en las proximidades de las mineralizaciones, esto se debe al aporte iónico de estos elementos de parte del fluido mineralizante a la roca encajantes durante el emplazamiento. Los porcentajes de bario y estroncio son mayores en la mineralización (barita), debido al enriquecimiento propio de este mineral durante precipitación. La relación entre estos porcentajes nos permite inferir las filiaciones genéticas de la mineralización en relación a la roca caja, tratándose luego de un depósito de carácter epigenético al no haber una relación directa entre los porcentajes de los elementos analizados (Ba, Sr) no tratándose de depósitos de yacimiento residuales y estratificados, sino de un yacimiento de mineralización hidrotermal primaria.

Los bajos contenidos de estroncio observados en la mineralización, no se presentan desarrollando fases mineralizantes, estando en la estructura de la barita como sustituyentes isomórficos, no obstante la proporción en que sustituyen deben ser determinadas mediante Difracción de Rayos X.

La presencia de Barita corresponde a una mineralización producto de un relleno de cavidades en función de fluidos hidrotermales ascendentes; presentándose minerales accesorios asociados a la mineralización misma tales como fluorita, calcita; sin embargo, localmente se encuentra malaquita, calcopirita y hematita gris, correspondientes a fases mineralizantes previas al emplazamiento de la Barita. La precipitación se debe por simple descenso de presiones y temperaturas, no obstante, los valores en ppm de oro pueden asociarse a la precipitación de la barita, considerando dos posibles eventos: el encuentro de dos soluciones hidrotermales diferentes o a la oxidación de un fluido hidrotermal principal rico en bario que facilitó la presencia de barita y trazas de oro.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, A. & Morales, C. J.; (1999): Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar. Memoria Explicativa. Ministerio de Minas y Energía Instituto de Investigación Geocientífica, Minero – Ambiental y Nuclear. Santa Fé de Bogotá, Colombia, Noviembre de 1999.
- Barbieri, M.; Masi, U. & Tolomeo L. (1988). Strontium Geochemical Evidence of the Origin of the Barite Deposits Sardinia, Italy. *Economic Geology* Vol., 79: pp 1360-1365. Rome, Italy
- Brobs, Donald A. (1958): Barite Resources of the United States. Geological Survey Bulletin 1072-B: pp 67-130, United States Government Printing Office, Washington.
- Colmenares, F.; Mesa, A.; Roncancio, J; Arciniegas, E; Pedraza, P.; Cardona, A.; Romero, A.; Silva, C.; Alvarado, S.; Romero, O. & Vargas, A. (2007). Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 y 34. Proyecto: “Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta”. 401 p. Bogotá, D.C., Octubre de 2007.
- Chang, L. L. Y.; Howie R. A. & Zussman J. (1996): Rock Forming Minerals Volume 5B: Non-silicates: Sulphates, Carbonates, Phosphates and Halides. Second Edition. The Geological Society. London 1998.
- Engelhardt, Wolf Von (1936): Die Geochemie des Barium. *Chemie der Erde*. Vol., 10, pp 187-246. Universidad de Göttingen
- Estrella, L. F. (2014): Programa de Perforación para Estimación de Reservas del Depósito de Barita de Caracolí, Valledupar, Colombia. 38 p. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria 2014.
- Etayo, F.; Barrero, D.; Lozano, H.; Espinoza, A.; González, H.; Orrego, A.; Ballesteros, I.; Forero, H.; Ramírez, C.; Albers, J.; Case, J.; Singer, D. & Bowen R. (1983): Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. Pub. Geol. Esp., Ingeominas, No 14, 1983. Edición Preliminar. 140 p.
- Gonzales I. H.; Nuñez T. A. & Paris Q. G. (1988). Mapa Geológico de Colombia 1988. Escala 1:1'500.000. 46 p. Bogotá, D.C., Colombia.
- Hanor, J. S. (1966). The origin of Barite. Ph. D. Dissertation, Univ. Harvard, 157 pp.

- Heier, K. S. & Taylor, S.R. (1959): Distribution of Ca, Sr and Ba in southern Norwegian pre-Cambrian alkali feldspars. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 17, pp 286-304.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2005): Plano Topográfico 33-IV-A. Departamento del Cesar. Escala 1:25000
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2005): Plano Topográfico 33-IV-C. Departamento del Cesar. Escala 1:25000
- INVEMAR, INGEOMINAS, ECOPETROL, ICP, GEOSEARCH LTDA (2007): Geología de la Plancha 33. El Copey. Escala 1:100000
- López, F. V.; Arana, C. R; Pérez S.C. & Ortiz Gonzales R. J. (1988). Determinación de Sr y Ba en Celestinas por Fluorescencia de Rayos X empleando patrones sintéticos. *Estudios Geológicos Vol.*, 48 No 3-4: pp 91-99. España
- Maestre, L. & Toncel, H. (2013) Determinación de la Calidad de los Depósitos de Barita, en el Corregimiento de Caracolí, municipio de Valledupar, Cesar. 50 p. Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar.
- Miras, Ruiz A. (1991). Geoquímica y Mineralogénesis de los Depósitos de Barita de Badajoz y Sevilla. (Zona Central de Ossa-Morena). Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. 481 p. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Ortega, C. (2011). Mineralización de Barita en Volcánico Mesozoicos en el municipio de Valledupar-Cesar, 6.2 Geología general.
- Ortiz, H. (1991). Geología Minera del Oro de Veta. Texto Guía. 142 p. Bogotá, D.C., Diciembre de 1993.
- Prieto, G., Castellanos, F., Garcia, G., Obando, G., Tabares, L, M., Bravo, M. (2011). Mapa de zonas potenciales integrales de Colombia ara recursos minerales de Colombia. Versión 1.0. Ingeominas Bogotá, junio de 2011.
- Scotney, M. P.; Roberts, S.; Herrington, R. J.; Boyce, A. J. & Burgess, R. (2005). The development of volcanic hosted massive sulfide and barite-gold orebodies on Wetar Island, Indondesia. *Mineralium Deposita Vol.*, 40: pp 76-99. Springer-Verlag.
- Streckeisen, A.L. (1976) Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition: a provisional attempt. *Neues Jahrbuch fuer Mineralogie, Monatshefte*, H, 1: 1-15.

- Tafuri, William J. (1973). A Geochemical Study of the Barite Deposits of Mineral County. 76 p. University of Nevada. Reno, Nevada.
- Toussaint, Jean François. (1993). Evolución Geológica de Colombia: Precámbrico, Paleozoico. Volumen 1. 229 p. Universidad Nacional de Colombia. Medellín